

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 06-082358

(43) Date of publication of application : 22.03.1994

March

(51) Int.CI.

G01N 15/00

G01N 21/47

H01L 21/302

(21) Application number : 05-008908

(71) Applicant : INTERNATL BUSINESS MACH CORP <IBM>

(22) Date of filing : 22.01.1993

(72) Inventor : DYBAS DAVID E  
HALLER KURT L  
PATTERSON EDWARD F  
SELWYN GARY S

(30) Priority

Priority number : 92/858183

Priority date : 26.03.1992

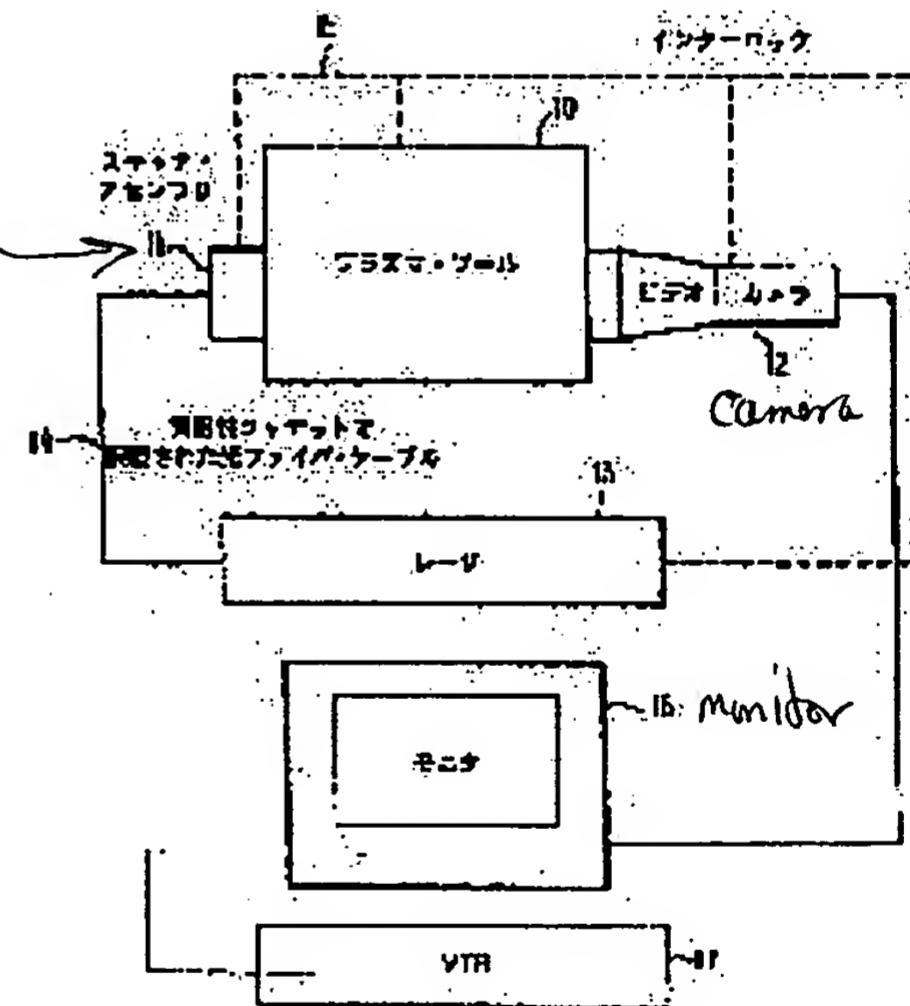
Priority country : US

## (54) PARTICLE DETECTOR.

### (57) Abstract:

PURPOSE: To obtain a portable particle detector assembly detecting the contamination with particles within the reaction chamber of a plasma processing tool used in the production of a semiconductor.

CONSTITUTION: A detector contains a scanner assembly 11 applying scanning laser beam, the video camera 12 placed on the side opposite to the scanner assembly and generating the video signal of light scattered by particles in the vol. of a reaction chamber and a monitor 16 processing the video signal to display the same.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.05.1993

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 06.02.1996

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

BEST AVAILABLE COPY

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号 庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 01 N 15/00

A 2107-2 J

21/47

Z 7370-2 J

H 01 L 21/302

E 9277-4 M

## 審査請求 有 請求項の数 6(全 10 頁)

(21)出願番号

特願平5-8908

(22)出願日

平成5年(1993)1月22日

(31)優先権主張番号 858183

(32)優先日 1992年3月26日

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレイション

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州  
アーモンク (番地なし)

(72)発明者 デビッド・エドワード・ダイバース

アメリカ合衆国12515、ニューヨーク州ク  
リントンデール、レイル・ロード、ナンバ  
ー1、ボックス 916

(74)代理人 弁理士 須宮 孝一 (外4名)

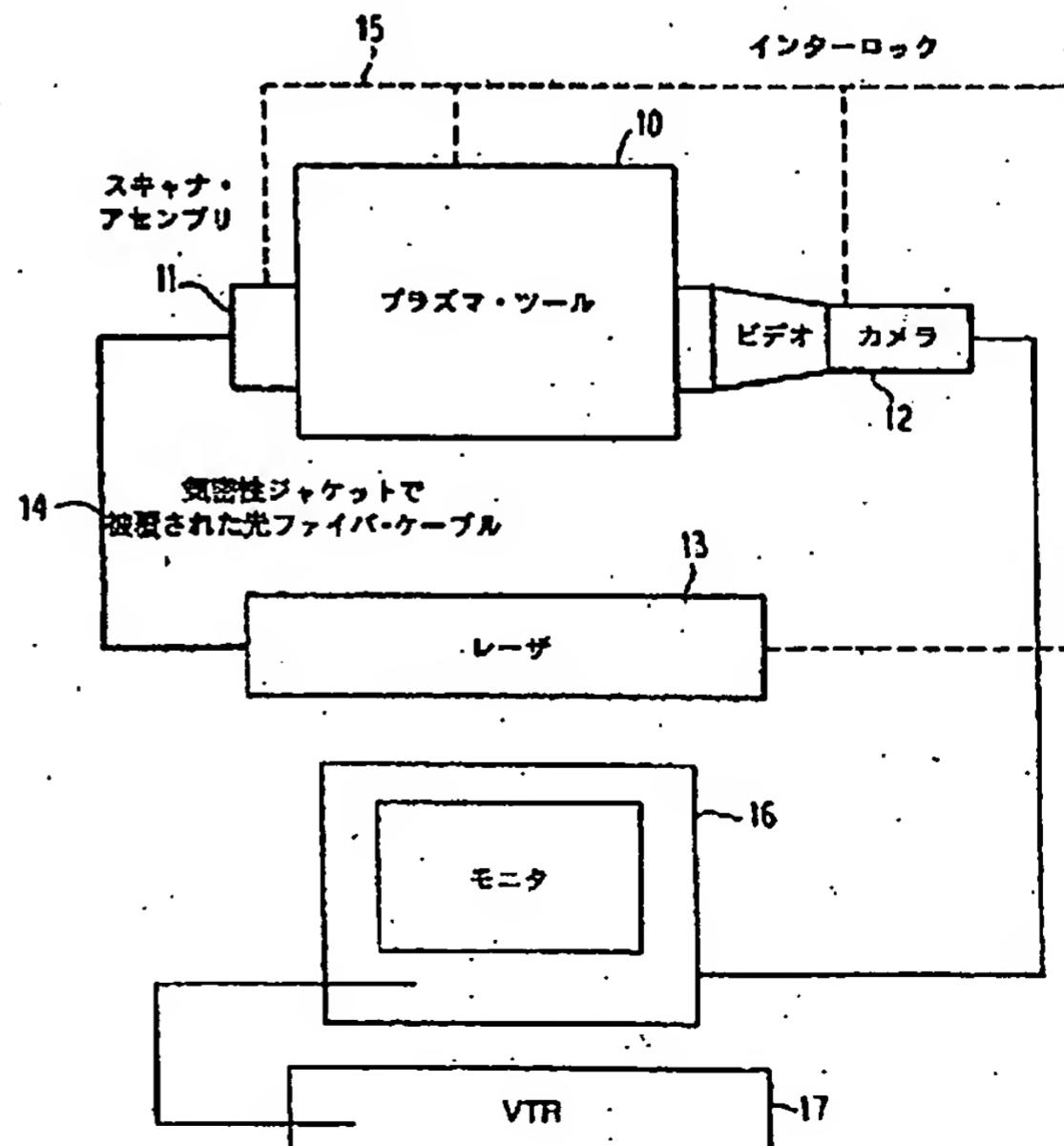
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 粒子検出器

## (57)【要約】

【目的】 半導体の製造に用いられるプラズマ処理ツールの反応室における粒子汚染を検出するポータブルな粒子検出器アセンブリを提供する。

【構成】 検出器は走査レーザ・ビームを与えるスキャナ・アセンブリ11と、スキャナ・アセンブリの反対側に置かれ、反応室のボリューム内の粒子によって散乱した光のビデオ信号を発生するビデオ・カメラ12と、ビデオ信号を処理し表示するモニタ16とを含む。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザ光を生成するレーザ手段と、  
検出されるべき粒子を含む領域を上記レーザ光で走査す  
るスキャナ手段と、  
上記領域内の粒子によって散乱したレーザ光のビデオ信  
号を生成するビデオ・カメラ手段と、  
上記ビデオ信号のイメージを処理し表示する手段と、  
を含む粒子検出器。

【請求項 2】 上記領域がプラズマ処理ツールの反応室で  
あり、上記スキャナ手段が、  
光を通さないエンクロージャと、  
上記レーザ光を上記エンクロージャ内へ導入するカプラ  
手段と、  
上記スキャナからのレーザ光を偏向させるように上記カ  
プラ手段と整合した可動ミラー手段と、  
上記エンクロージャに具備され、上記プラズマ処理ツー  
ルの窓に隣接して係合するように形成され、レーザ光が  
伝播する窓と、  
を含む請求項 1 記載の粒子検出器。

【請求項 3】 レーザ光が上記プラズマ粒子検出器から漏  
れるのを防ぐために、上記スキャナ手段と上記ビデオ・  
カメラ手段が上記プラズマ処理ツールに接続され、上記  
ツールが排気された時にのみ上記レーザ手段に電力を供  
給するインターロック手段を含む請求項 2 記載の粒子検  
出器。

【請求項 4】 上記領域がプラズマ処理ツールの反応室で  
あり、一端を上記レーザ手段に隣接して緻密に束ね、も  
う一端を各ファイバが線形に整列したアレイの形に広げ  
たスポット／ライン式マルチ光ファイバ・ケーブルが上  
記スキャナ手段に含まれ、上記線形に整列したファイバ  
のアレイが、上記プラズマ処理ツールの窓に隣接し、走  
査線に沿って光を分散させるように働く請求項 1 記載の  
粒子検出器。

【請求項 5】 上記レーザ手段が、赤、緑、及び青の光の  
波長を含むレーザ光スペクトルを生成し、上記処理手段  
が、上記レーザ光スペクトルを分析して、プラズマ・プロセス  
中に粒子サイズの変化を示す指標を与える請求項  
1 記載の粒子検出器。

【請求項 6】 上記処理手段が、  
上記ビデオ信号を受信するように接続されて、上記ビデ  
オ信号から背景イメージを消去し、差分信号を生成する  
ビデオ・サブトラクタ手段と、  
上記ビデオ・サブトラクタ手段に接続されて、上記差分  
信号によって定義されるイメージを表示するビデオ・ディ  
スプレイ・モニタとを含む、  
請求項 1 記載の粒子検出器。

## 【発明の詳細な説明】

### 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、一般的には半導体の製  
造に有用なモニタ検査機器に関し、特に反応室内のプラ

ズマ処理中に形成され浮遊する粒子の「その場」検出に  
用いられるポータブルなレーザ光散乱センブリに関する。

### 【0002】

【従来の技術】 発明者の研究から、製造物の汚染やデバ  
イスの障害の大きな原因となり得る粒子が、多くのプラ  
ズマによって生じることが分かっている。また、粒子は  
かなりの大きさになるまでに、プロセス・プラズマ中で  
凝集し浮遊することも実験から確かめられている。観測  
された粒子の大きさは、直徑がサブミクロンから数百ミ  
クロンの範囲である。ミクロン単位の粒子汚染は、半導  
体デバイスの製造では大きな問題になる。多くのデバイ  
スの歩留まり損失や信頼性の問題が、プラズマ・プロセ  
スによる粒子汚染の原因となっている。粒子汚染は、デ  
バイス傷害、膜質の劣化、物質の抵抗率の変化、及び不  
純物の浸透を引き起こし得る。今後、テクノロジの発展  
によりデバイスがさらに小型化されるにつれて粒子汚染  
に起因する問題が大きくなるとみられる。

【0003】 粒子は、最終的にはプラズマ環境で処理さ  
れる半導体ウエハ上に落下する。粒子が、膜付着または  
パターン転写の前かその期間中に落ちた場合は、このよ  
うなプロセス・ステップが台無しになる。プロセス・ス  
テップの終わりに落ちれば、後のプロセス・ステップが  
粒子の影響を受け得る。

【0004】 粒子汚染の影響は、選択的プラズマ・エッ  
チング・プロセスによって大きくなることがある。この  
プロセスは、ウエハ上の物質の表面を選択的にエッチング  
するために、フィード・ガスとエッチングの条件の組  
合わせに依存する。こうした選択性の高いプラズマでそれ  
自体緩やかにエッチングされる粒子の化成により、い  
わゆるマイクロマスクが作られるため、表面がしばし  
ば“草”と呼ばれる不規則な形状を成す。このようなエッ  
チングされなかった物質のスパイクやヒロックがデバイ  
スの性能を悪化させ、プロセス歩留まりを減少させる。

【0005】 実験によるとプラズマ自体が製造物汚染の  
原因になる。したがって、粒子の形成をコントロールし  
ながら、あるいは無くしながら、プラズマを操作する手  
段を開発することが大切である。レーザ光の散乱に関す  
る発明者の研究から、プラズマの組成とガス流は、エッ  
チング・プラズマ中の汚染粒子の形成に顕著な影響を与  
えることが認められている。特に、プラズマ中の存続時  
間が短くなる高速なガス流のほか、低いガス圧と短時間  
のプラズマ露光も特定のプラズマでは粒子の形成を防ぐ  
傾向がある。フィード・ガスの組成もまた、粒子の形成  
に大きな影響を与える。

【0006】 現在、表面汚染全体の大部分はプラズマ関  
係のツールとプロセスに起因することが認められてはい  
るが、プロセスが誘因となる粒子汚染をコントロールす  
る方法はほとんどなく、このような汚染を処理中にツー  
ルの真空室内で検出／評価する定性法や定量法はない。

【0007】現在の汚染測定方法は、製造用ウエハとともに処理されるプランケットの（すなわちパターン化されていない）モニタ・ウエハの使用に依存している。モニタ・ウエハは、プラズマ処理ツールから取出され、表面汚染モニタ・ツールで分析される。この後処理分析の問題点は、モニタ・ウエハが分析される時にはすでに多くのウエハが処理されているということにあり、そのためこの方法では、多数の製造用ウエハに影響を与える前に汚染の問題を突き止めることができない。また後処理分析では、様々な汚染源、処理室内の粒子の分布、及び成長粒子の形成に影響するプロセス条件について情報がほとんど得られない。

【0008】ここから明らかなように、処理中に粒子を「その場で」モニタすることが望ましいのである。この方法であれば、プロセス／ツールの清浄度を最適化するのに必要なプロセス汚染データを、リアル・タイムにフィードバックする機能により汚染源を突き止め、コントロールすることができる。

【0009】レーザ光散乱（LLS）は、 $0.2\text{ }\mu\text{m}$ を超える粒子を検出するうえで効果的な手段である。この方法は、プラズマ処理ツール内の粒子の「その場」検出に実地に適用されており、G. S. Selwyn, J. S. McKill op, K. L. Haller, 及びI. J. Wu (J. Vac. Sci. Tec h., A8, 1726 (1990) , G. S. Selwyn, J. Singh, 及びR. S. Bennett (J. Vac. Sci. Tech. , A7, 2758 (1989) , 並びにG. S. Selwyn, K. L. Haller, 及びJ. E. Heidenreich (Appl. Phys. Lett. , 57, 1876 (1990) )による報告がある。これらの研究によると、ツールとプロセスの設計が粒子汚染のレベルに顕著な影響を及ぼし、粒子がプラズマとシースの境界に静電気により浮遊する。粒子の静電浮遊はまた、粒子がプラズマとシースの界面に多少とも集中するため、その検出を容易にする。

#### 【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、プラズマ処理機器における粒子汚染をリアル・タイムに、ビジュアルに検出することにある。

【0011】本発明の目的には、超小型デバイス、磁気デバイス、及び光学デバイスのプラズマ処理中に形成され浮遊する粒子の「その場」検出に用いられるレーザ光散乱アセンブリを提供することも含まれる。

【0012】本発明の目的には、超小型デバイス、磁気デバイス、及び光学デバイスの製造における分析／制御に使用できる粒子検出器アセンブリを提供することも含まれる。

【0013】本発明の目的には、ポータブルであり、操作員の安全基準をも満たすレーザ光散乱アセンブリを提供することも含まれる。

【0014】本発明の目的には、プラズマ中に浮遊する大きさの異なる粒子の相対密度を検出することのできる

レーザ光散乱を利用した粒子測定装置を提供することも含まれる。

#### 【0015】

【課題を解決するための手段】本発明に従って、半導体ウエハ処理中にプラズマ内の粒子汚染を検出するレーザ光散乱（LLS）ツールが提供される。LLSツールは、プラズマ反応室内の特有の所要条件に合わせて調整される。たとえば、プラズマ内に浮遊する粒子の分布は、ランダムでもなく均一でもないことが認められている。むしろ粒子は、特定の領域、特にシース境界付近に集合する傾向を示す。これらの領域内では、ウエハ表面付近の領域が最も重要である。したがって本発明によるLLSツールは、反応室内の主要領域のみを走査し、これにより装置は、最大感度で、また充分高速な走査速度で動作し、プラズマ内の粒子の動きをリアル・タイムに検出する。リアル・タイム動作により、プラズマ処理中に粒子の分析と制御が可能になり、粒子汚染が最小になるかまたは無くなる。

【0016】本発明のLLSツールは、小型の光学系や光ファイバ・ケーブルを用いるコンパクトなもので、プラズマの妨げとならない。アセンブリは操作員がレーザ光を受けないように、密閉されたアセンブリに開いた部分がある場合にそれを検出する気密性光シールドと圧力インターロック、散乱光と反応室内部を検出するビデオ・カメラ、及びアセンブリが反応室の窓に対して装着されるようにする感圧マイクロスイッチを使用する。このプラズマ処理ツールには圧力センサも取付けられ、レーザがオンの時に真空状態がチェックされ、プラズマ・ツールが開いている時に操作員に被害が及ばないようにされる。光散乱信号とプラズマ・ツール内部はビデオ・モニタで監視される。ビデオ・テープ・レコーダを用いれば、処理のたびに光散乱信号を記録して保存でき、将来的参考やプロセスの改良に備えられる。また、ビデオ信号を、保存や分析のためにデジタル化することもできる。

#### 【0017】

【実施例】各図、特に図1を参照する。図1は、半導体プラズマ・プロセス・ツール10と併用するポータブルなプラズマ粒子検出器アセンブリのブロック図である。プラズマ・プロセス・ツール10は、ツールの対向面上にはほぼ整列した窓（図示なし）を備える。窓のアライメントが適切で望ましいプラズマ・ツールがPlasma-Thermから出ている。Applied Materials CorporationのAMC Precision5000も、窓がレーザ光散乱に必要な形に配置されている。プラズマ・ツールの窓では、2つの窓の間のプラズマ・プロセス・ツールの領域内部で散乱したレーザ光をそのまま見ることができる。レーザ光スキャナ11は、これらの窓の1つに取付けられ、ビデオ・カメラ12は、対向する窓に取付けられる。スキャナ・アセンブリは、反対側のポートにカメラ・フードを持つプラズ

マ・ツールの1つの窓に押しつけられる。レーザが動作するようにスキャナ・センサとカメラ・フードを所定位置にセットすることによって接触感知型スイッチ（図示なし）が閉じられる。レーザ13は、気密性ジャケット内の光ファイバ・ケーブル14を通してレーザ光スキャナ11に光学的に接続される。レーザ13、レーザ光スキャナ11、及びビデオ・カメラ12は、破線15で示すようにプラズマ・プロセス・ツール10と運動する。

【0018】ビデオ・カメラ12の出力はTVモニタ16とビデオ・テープ・レコーダ（VTR）17に接続される。TVモニタ16では、プラズマ処理ツール10の反応室内部と、ツール10内の粒子によって散乱したレーザ光による光散乱信号を見ることができる。光散乱信号はまた、VTR17によって記録され、各処理の記録を将来の参考やプロセスの改良に役立てることができる。第2実施例では、カメラ・レンズの代わりに光ファイバ・ポロスコープが用いられる。これにより直径の小さい窓を使用できる。

【0019】プラズマ・ツールのほとんどが窓を少なくとも1つ備える。これらは普通、プラズマ放射の観測によるプラズマ動作の検出、あるいはエンドポイント検出を目的にしたプラズマ放射スペクトル分析のために用いられる。2つ、または3つの窓を持つプラズマ・ツールもある。本発明に必要な窓は2つで、対向してほぼ整列し、プラズマとシースの境界あるいは"ダーク・スペース"に対して多少とも並行な視界が得られるものである。これが必要なのは、光散乱強度がレーザ・ビームの進行方向に集中しやすいからである。場合によっては、第2の窓を設けるためにツールに変更を加える必要がある。第2の窓が必要な時は、カメラの窓をレーザまたはスキャナの窓の位置とは反対側に、それより少し上に配置するのが望ましい。こうすれば、レーザがシース境界内で走査された時に、ビームがカメラの窓を出るのではなく反対側の壁面で途切れる。これにより操作の安全性が高まりカメラを破損する可能性が少なくなる。この"オフセット"は、重要ではないが望ましい設計である。

【0020】上述のとおり、本発明はプラズマ中の粒子の総量に関するものではない。本発明はむしろ、反応室内の特定の領域における粒子の相対密度を測定することに関するものである。粒子の相対サイズに関する情報はプラズマ処理ツールの動作分析や、汚染問題の原因と性質の診断にも有益である。様々な波長の光が、大きさの異なる粒子によって様々な角度と強度で散乱する。したがって、散乱光信号の色（すなわち周波数）が分析のために検出／記録される。これにより、粒子サイズの相対的变化が測定される。

【0021】本発明の特徴として重要なのは、レーザ光走査センサ11の斬新な構造である。図2の実施例では、カバー22がこれにろう付けされたフランジ24

を通してボルト23でセンサのベース材21に装着される。図2のカバー22は一部を切り離して示しているが、カバー22をベース材21に装着することでエンクロージャが密閉されることが分かる。装着は、フランジ24とベース材21の間のOリング（図示なし）によるのが望ましい。

【0022】カバー22には開口が2つある。1つは窓25で、これは図1に示したプラズマ処理ツール10の窓に押しつけられるように形成される。第2の開口26は、フランジ付カプラ27に設けられ、光ファイバ・ケーブル30のシース29が固定される。ケーブル30は、あり溝トラック34に装着された垂直の支柱32、33に固定された光カプラ31で終端する。同じトラック34に装着され、カプラ31と軸方向に整列するのがスキャナ・センサで、これは、振動モータ駆動器35と、カプラ31からミラー36への軸に直角な垂直軸を中心に振動するミラー36より成る。振動ミラーはこれにより、カプラ31から発したレーザ光を偏向させる。光は窓25を通り、プラズマ処理ツールの内部を水平方向に通過する。

【0023】トラック34は、第1、第2のインターロック材37、38より成る垂直ポジショナによって搬送される。トラック34は、部材38内で垂直方向に摺動可能な部材37の外側の露出面に装着される。部材38はベース材21に装着される。モータ39は、そのケースが部材38に装着され、部材37を駆動してそれを垂直方向に位置づける。電気機械式センサ41は、部材37の垂直位置を、したがってトラック34の垂直位置を示す出力フィードバック信号を与える。これでモータ39を制御することにより、振動ミラー36によって掃引される水平線の垂直位置を、カバー22を取外すことなく調整できる。

【0024】図3は、プラズマ・ツール10の窓に対向するスキャナ・センサ11を示す。レーザ13は、コンテナ43内に収容され、光ファイバ・ケーブルのシース29及びシース内の光ファイバ・ケーブルを介してスキャナ・センサ11に接続される。システム全体は、スキャナ・センサ11、レーザ・コンテナ43、及びケーブル・シース29を含めて、"T"コネクタ45を介してシース29に接続された機械式ポンプ44によって排気される。スキャナ・センサ11のカバー22に取付けられた圧力センサ46は、このシステムの内部の圧力を検出し、出力信号をインターロック制御部47に送る。もう1つの圧力センサ（図示なし）は、プラズマ処理ツール内の真空を検出し、信号をインターロック制御部47に送る。通常このような圧力センサは、一般的のプラズマ処理ツールに含まれる。本発明はこれを活用するために、単に信号線を、ツールに取付けられたセンサとインターロック制御部に接続している。この信号により、レーザがオンの時に真空状態が確認さ

れ、ツールが開いている時に操作要員がレーザを浴びる危険がなくなる。インターロック制御部47は、スキャナ・アセンブリ11とビデオ・カメラ12（プラズマ・ツール10の反対側に装着される）に備えられるマイクロスイッチ（図示なし）からの入力も受取る。これらのマイクロスイッチは、レーザ光が漏れず、操作員に危害を及ぼすことのないように、スキャナ・アセンブリ11とビデオ・カメラ12がプラズマ・ツールに適切に係合しているかどうかを示す。インターロック制御部47は、レーザ13への電力を制御し、センサ46によって検出されたしきい圧力が所定の最小値を超えた場合、あるいはスキャナ・アセンブリかビデオ・カメラに取付けられたマイクロスイッチが、プラズマ・ツール10への装着が不適切なことを示した場合に、レーザが付勢されるのを防ぐ。

【0025】図4に示す第2実施例で、スキャナ・アセンブリは、安定度を高めてコストを抑えるために、スポット／ライン式マルチ光ファイバ・ケーブル50で置換えられている。レーザ・ビームはマルチ光ファイバ・ケーブル50の緊密に束ねられた円形の端部に向かされ、ケーブルのもう一端は加工アルミニウム・ブロック51で終端し、各ファイバが線形に整列したアレイ52の形に広がる。ブロック51は、終端のカバー・アセンブリ53に接続され、円筒状の”T”カプラ54内に収容される。ブロック51は、ピン55によって、カバー・アセンブリ53に接続された突起部56の端部に枢着される。ブロック51の反対側に接続された棒57は、カバー・アセンブリ53を貫通し、カバー・アセンブリ53の外面のノブ58によって回転するマイクロメータ・ネジ（図示なし）により、その軸に沿って移動する。ブロック51はノブ58の調整によって、ピン55を中心に旋回ができるようになり、アレイ52の垂直アライメントが得られる。カバー・アセンブリ53は、”T”カプラ54のフランジ62と係合するフランジ61も備える。密閉はガスケット（図示なし）による。フランジ61は、取付けネジが入る縦長の穴63を持つ。カバー・アセンブリ53は、縦長の穴によってわずかに回転でき、これによりアレイ52の軸アライメントが得られる。

【0026】図5に示すとおり、光ファイバ・ケーブルの線端（カプラ54内）は、プラズマ・ツール10の入口窓に隣接する。必要であれば、円筒状のレンズを整列したアレイ52に係合させ、光の垂直拡散をコントロールすることができる。ファイバ・ケーブル50を出るレーザ光の発散拡大は、ルーチン・プロセスの間に予想されるツール10の反応室内のプラズマ・シース厚み範囲をカバーする。ファイバのリニア・アレイにより、反応室の電極内の走査線に光ビームのエネルギーが広がるため走査ミラー・アセンブリの必要がなく、コストの削減とシステムの簡素化が図れる。

【0027】粒子からの散乱光の振幅と角度は、入射光

の波長に關係する大きさと形状に依存する。大きさが走査光の波長と同程度の球状粒子の場合、散乱関数は複雑であるが數値的に解決できる。図6はArレーザとHe-Neレーザの青、緑、赤の出力を表わす光の3つの波長、488、514.5、632.8 nmとミー散乱の関係の解法を示す。図6の下側の実線は、波長632.8 nmの赤色光を、破線は波長514.5 nmの緑色光を、点線は波長488 nmの青色光を、上側の実線は、赤、緑、青の光強度の和を示す。ここからわかるように、粒子サイズが変化すると3つの波長の各々の相対散乱強度も変化し、各々が、ある粒子サイズについて支配的になる。このように、粒子サイズによって、赤、緑、青の光の組合せとして色がはっきり変化するため、人間の目（またはビデオ・カメラ）で識別できる色が得られる。つまり、赤、緑、青の混合である入射レーザ・ビームによってモニタする時、粒子が大きくなるにつれて散乱光の色が漸次に変化する。この現象は、必要な色の重なりを得るためにレーザを組合せることによって観測されている。本発明の1実施例のレーザは、Coherent Model Innova 70Spectrum Laser等、よく”白色光”レーザと呼ばれるAr-Kr連続波レーザである。この種のレーザは実際には、連続光スペクトルを作らず、むしろスペクトルがかなり狭い複数の光出力を作り、それらが組合せられて、人間の目（ビデオ・カメラ）には白色光に見える。Ar-Krレーザを使用することで、光の散乱時に大きさについての情報を得るこの手法の適用が大幅に簡素化される。この手法は実際には、プラズマ・ツール内の単色レーザ光の散乱について述べられるように用いられるが、明確な出力色はカラー・ビデオ・カメラで測定される。この情報は浮遊粒子の大きさの概算に用いられ、プラズマ・プロセスにおける粒子の発生源を突き止めるうえで、また、様々なプラズマ・プロセスで粒子の成長またはエッティングの速度を評価するうえで有益である。

【0028】ビデオ・カメラにより得られるイメージには、ツール内部、電極上のウェハ及びレーザの迷光の反射とツール内散乱によるグレアが含まれる。このようなイメージはしばしば浮遊粒子によって散乱した光に干渉する。浮遊粒子はその性質上、ガス流、熱の影響、及びプラズマ内の静電磁界のわずかな変動により、細かい円を描いたり急な上下動をしたりとわずかに移動する。ただし背景のイメージは静止しており、ビデオ画像から消去することができる。これはハードウェアまたはソフトウェアによって可能である。

【0029】背景イメージの消去を実施するハードウェア構成を図7に示す。ビデオ・カメラ71の出力は、Colorado Video Model 492等のビデオ・サブトラクタに送られる。ビデオ画像の差分出力（すなわち粒子のあるリアル・タイム・イメージまたは粒子のないリアル・タイム・イメージから粒子のない基準画像を差引いたもの）

はビデオ・モニタ73に送られる。ビデオ・モニタ73は、プラズマに存在する粒子だけを示す。これには、背景イメージやレーザのグレアによって妨げられずにプラズマ中の粒子を即座に表示するというメリットがある。

【0030】図7に示すシステムで背景を消去して粒子を検出する方法は、図8に示すように、ビデオ・アナライザ74を使用して、プラズマ中の任意のポイントで散乱光の強度を定量化することで、さらに高度化される。ビデオ・アナライザとしてはColorado Video, Model 321が適している。通常はビデオ減法の後に用いられる十字カーソルは光散乱領域にセットされ、アナライザが十字カーソル位置のピクセル強度を読取る。これは校正の後、散乱強度の定量値を与え、粒子密度の予測にも使用できる。これと同じことは全ピクセルまたは選択された数個のピクセルをコンピュータで分析することによっても実施できる。この情報は次にプラズマ・プロセスを継続するかどうかの判定や、ツールの洗浄が必要という信号を出すのに用いることができる。たとえば各ピクセル位置の強度の和をとり、このレベルが所定限度に達しなければツールの使用を続ける。限度を超える場合はツールをラインから外して洗浄する等である。

【0031】図7に示したシステムのもう1つの改良例を図9に示す。ビデオ減法の後、イメージはリアル・タイムにデジタル化してコンピュータに格納することができる。Colorado Video Model 270A等のフレーム・グラバ75が使用できる。フレーム・グラバ75のデジタル出力は、IBM PS/2パーソナル・コンピュータ(PC)等のコンピュータ76に送られる。用途によっては大型コンピュータも望ましい。デジタル出力はコンピュータのハードディスク等、適当な記憶媒体に格納され、汚染計測値の記録となる。このような計測値は、信頼性分析、プロセスの最適化、ツールの洗浄に備えるための予防保守表の作成等に利用できる。

【0032】極めて小さい粒子の光散乱信号はビデオ減法の後であっても、ビジュアルに検出することは難しい。この問題はツールが比較的、清潔に稼働している場合や粒子がほとんど無い時には複雑になる。図9に示したシステムは検出効率を上げるために、図10のように変更され、Colorado Video Model 630等のビデオ検出器77が追加され、これがビデオ減法の後に用いられる。この装置は所定基準レベルに対して全ピクセル位置の強度を分析する。基準点より下のピクセル強度はゼロにセットされ、基準点より上の強度は最大強度にされる。これにより弱いイメージのコントラストが高まり、有意のビデオ減法が可能な時にのみ有用となる。このビデオ検出器の出力は、上述のようにデジタル化して格納できる。

【0033】さらに改良を加えれば、検出された粒子の密度が所定しきい値を超える場合に、コンピュータ76によってアラーム78が制御され、エンジニアに警報が出されプラズマ・ツールが停止される。アラーム78は

音声、画像、あるいは音声と画像の組合せである。

#### 【0034】

【発明の効果】本発明の粒子検出器は、プラズマ処理機器の粒子汚染をリアル・タイム、且つビジュアルに検出し、超小型デバイス、磁気デバイス、及び光学デバイスのプラズマ処理中に形成され浮遊する粒子の「その場」検出に用いられ、ポータブルであって操作員の安全基準をも満たし、プラズマ中に浮遊する大きさの異なる粒子の相対密度を検出することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に従って、TVモニタ及びビデオ・テープ・レコーダと併用されるポータブルなプラズマ粒子検出器アセンブリのブロック図である。

【図2】レーザ光スキャナ・アセンブリの詳細を示す斜視図である。

【図3】スキャナ・アセンブリ、レーザ、及び結線系の接続を示す斜視図である。

【図4】スポット/ライン式マルチ光ファイバ・ケーブルを使用する図2に示したレーザ光走査アセンブリの第2実施例である。

【図5】図4に示したスキャナ、レーザ、及び結線系の接続を示す斜視図である。

【図6】ミー散乱と粒子サイズを示す図である。

【図7】必要な装置を示すブロック図である。

【図8】粒子の検出、背景消去、及び強度分析に必要な装置を示すブロック図である。

【図9】粒子の検出、背景消去、強度分析、及びコンピュータ記憶に必要な装置を示すブロック図である。

【図10】粒子の検出、背景消去、強度分析、コンピュータ記憶、及びコントラスト変換に必要な装置を示すブロック図である。

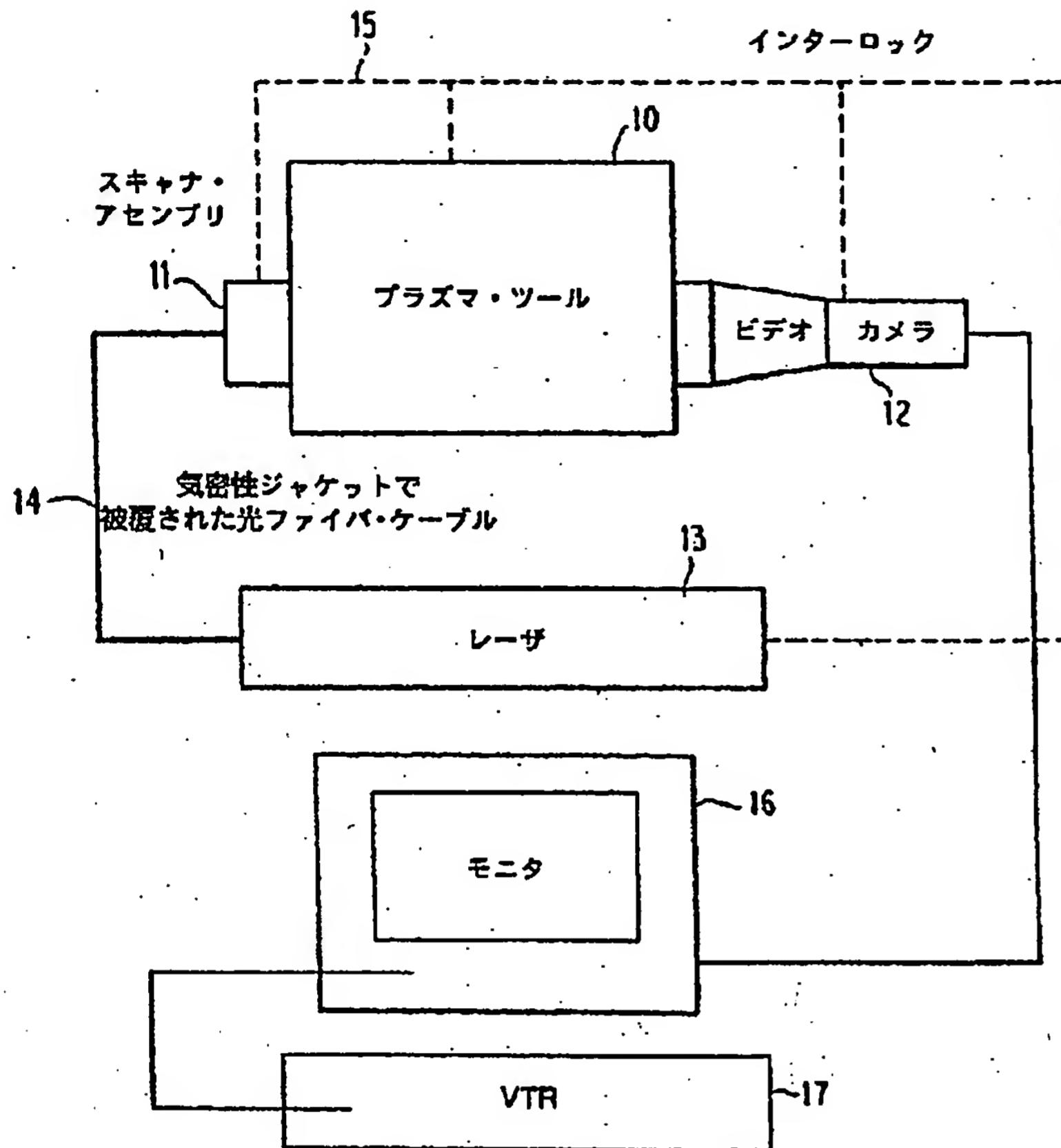
#### 【符号の説明】

- 10 プラズマ・プロセス・ツール
- 11 レーザ光スキャナ
- 14 光ファイバ・ケーブル
- 17 ビデオ・テープ・レコーダ(VTR)
- 21 ベース材
- 29 シース
- 31 光カプラ
- 34 あり溝トラック
- 35 振動モータ駆動器
- 37, 38 インターロック材
- 45 "T"コネクタ
- 44 機械式ポンプ
- 46 圧力センサ
- 47 インターロック制御部
- 50 スポット/ライン式マルチ光ファイバ・ケーブル
- 51 加工アルミニウム・ブロック
- 52 アレイ
- 53 カバー・アセンブリ

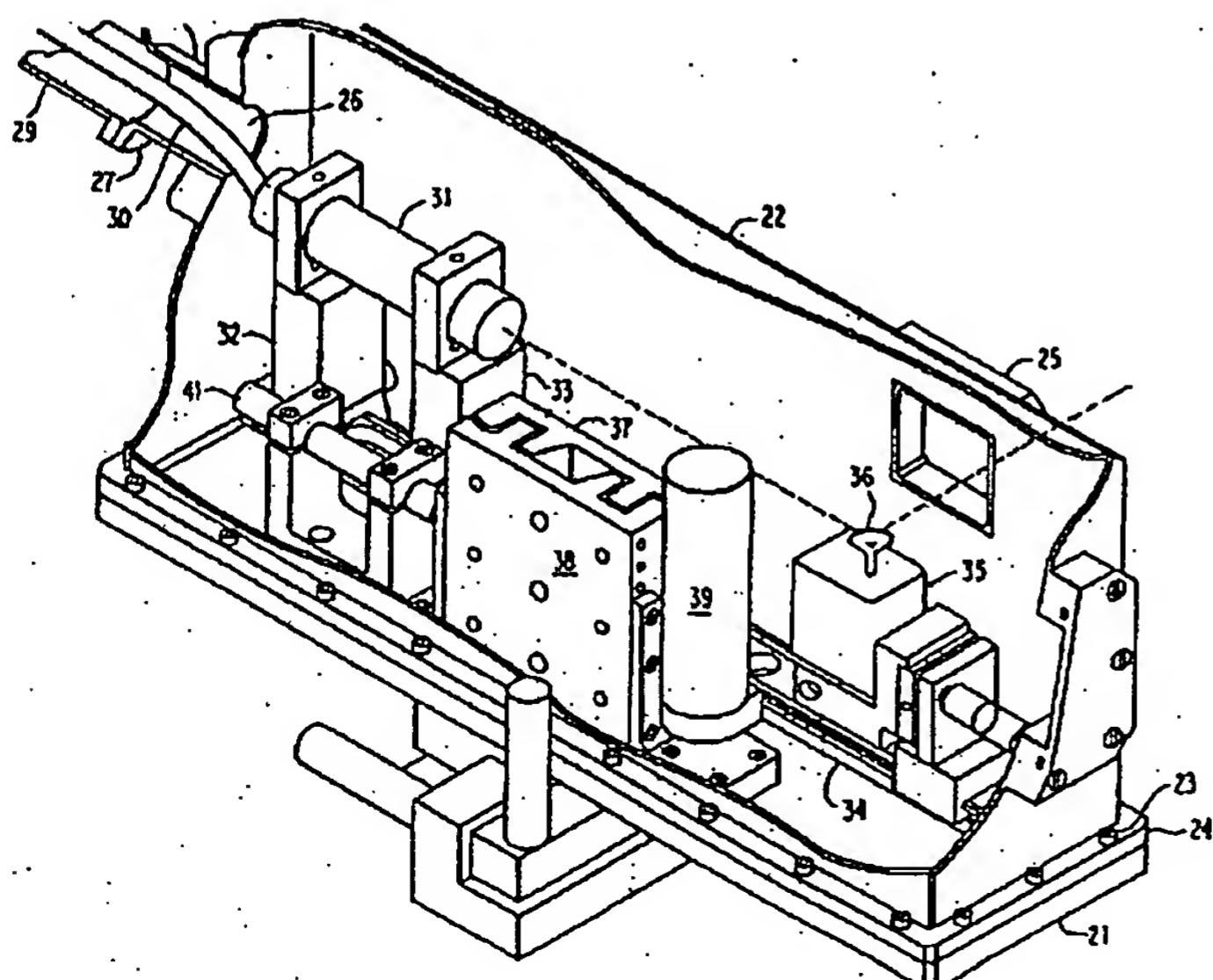
54 "T"カブラ  
74 ビデオ・アナライザ

75 フレーム・グラバ  
77 ビデオ検出器

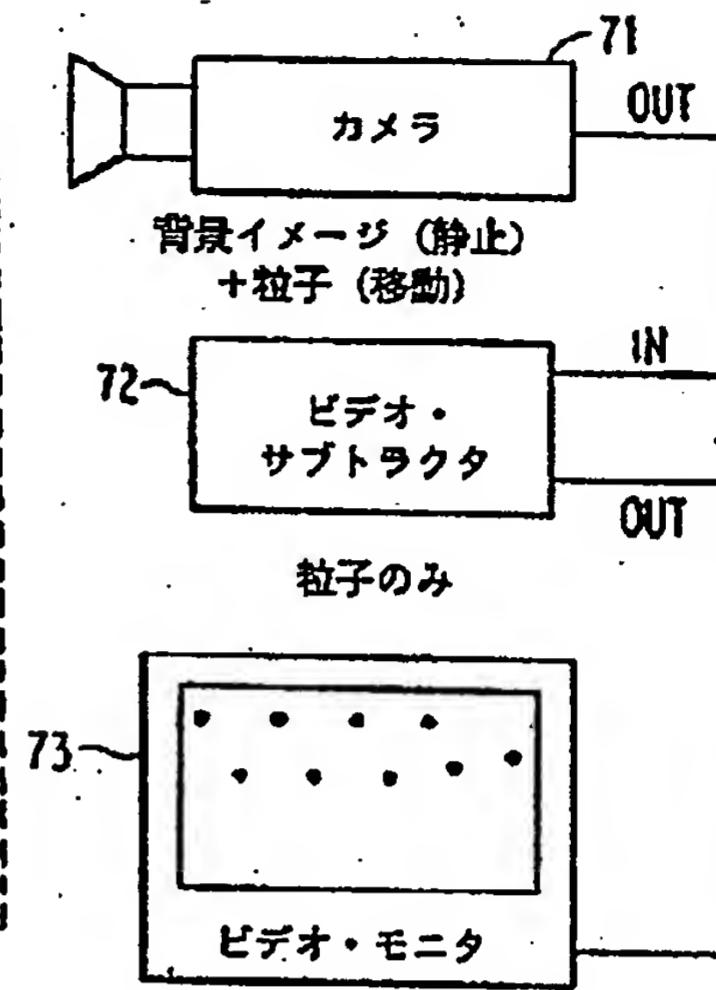
【図1】



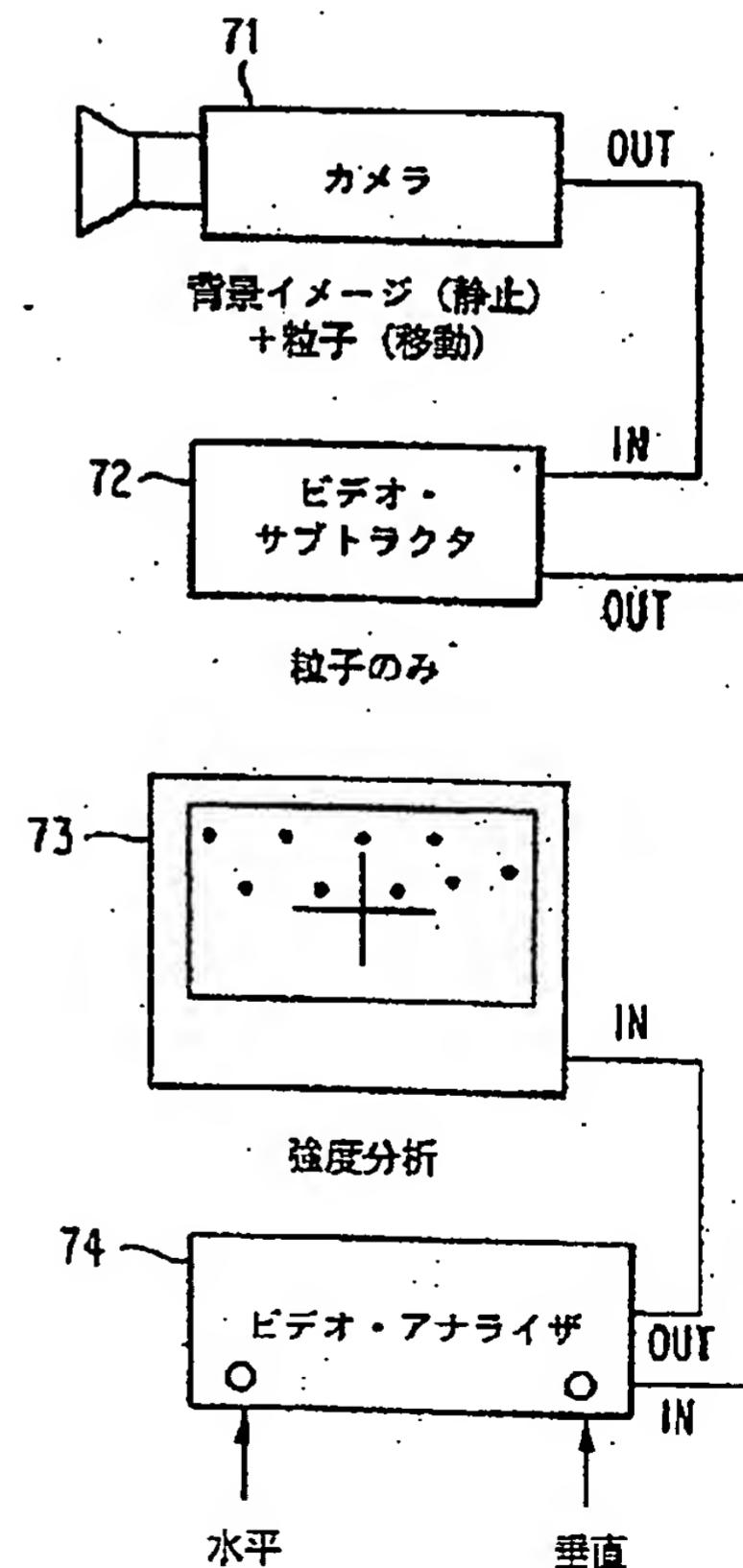
【図2】



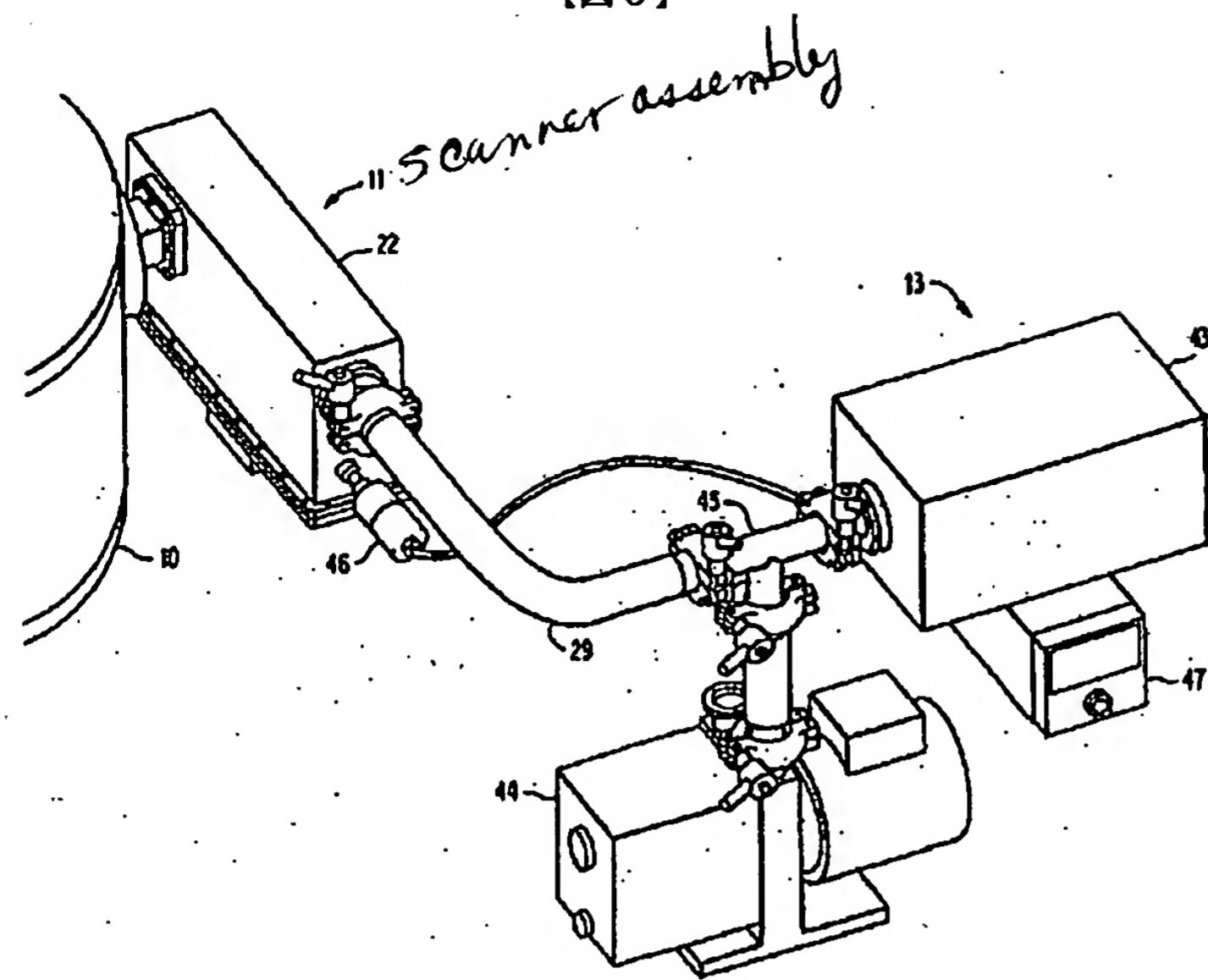
【図7】



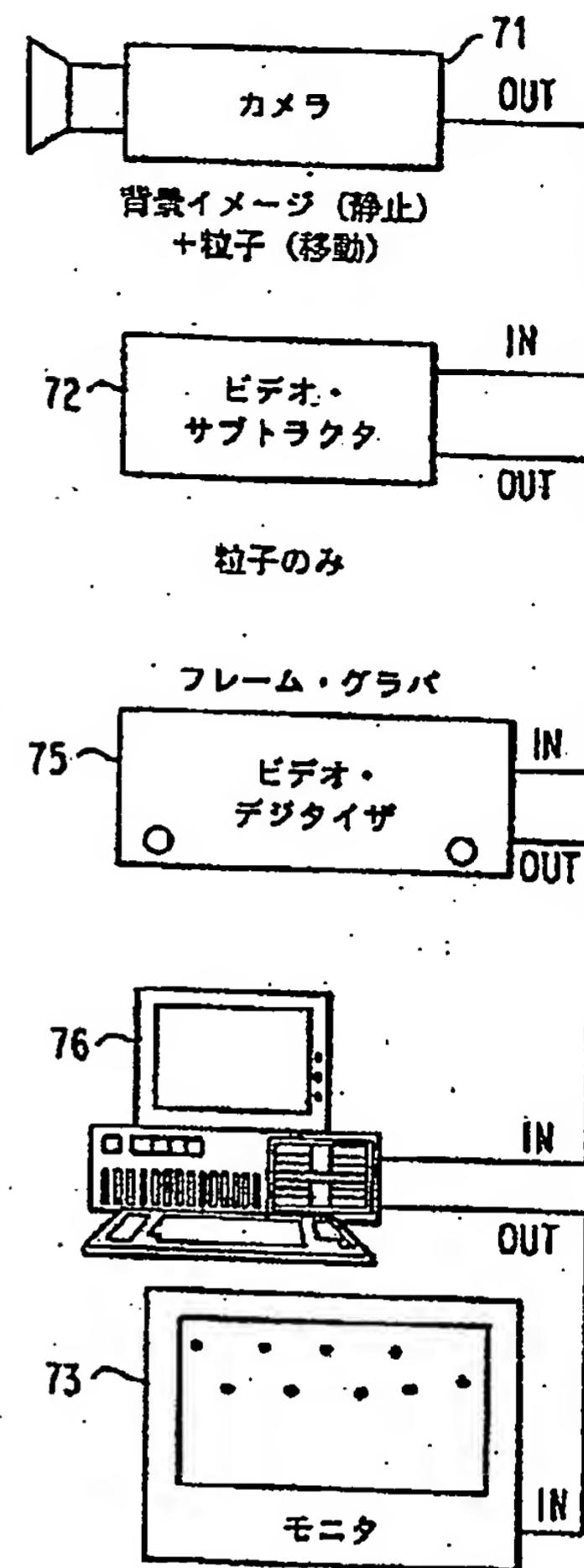
【図8】



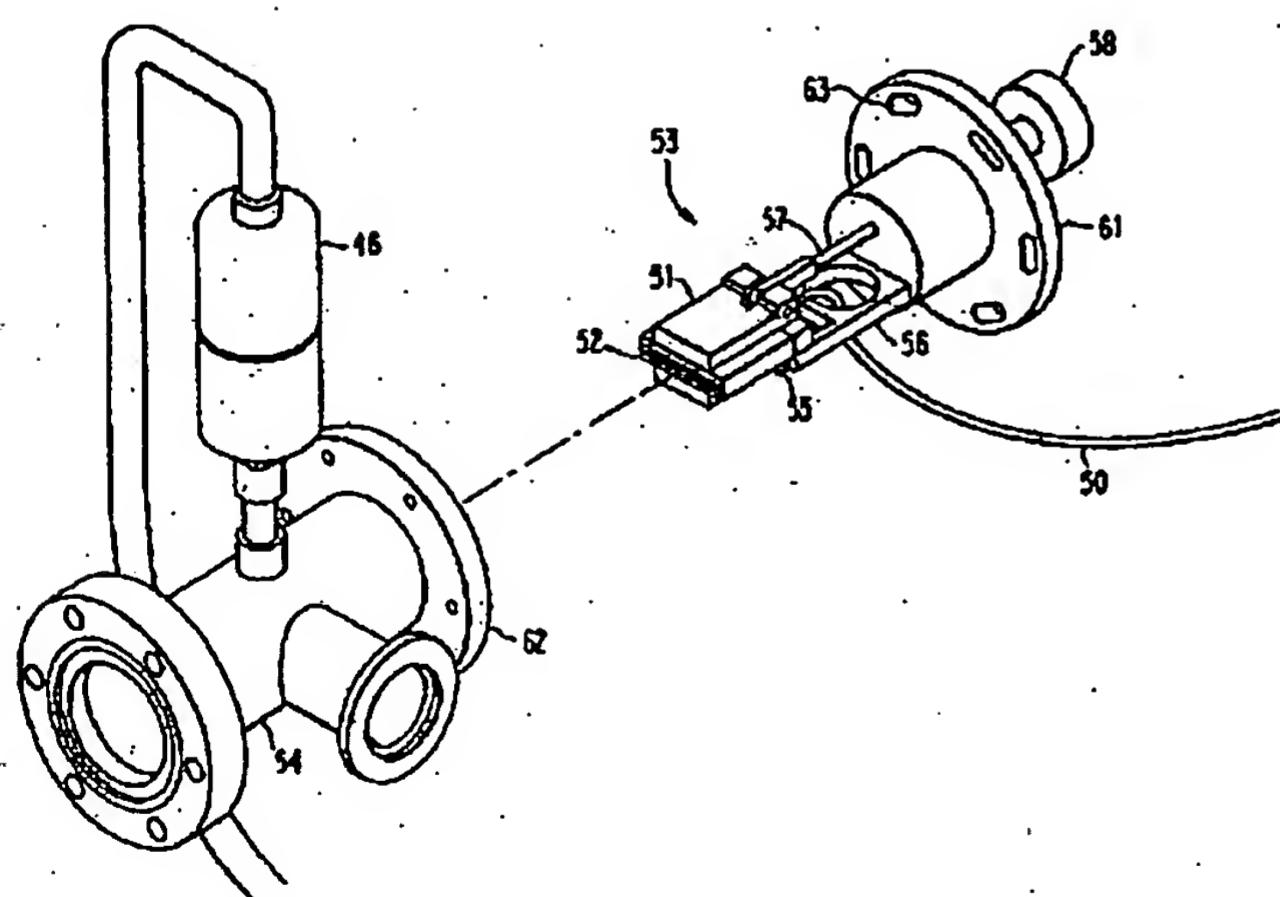
【図3】



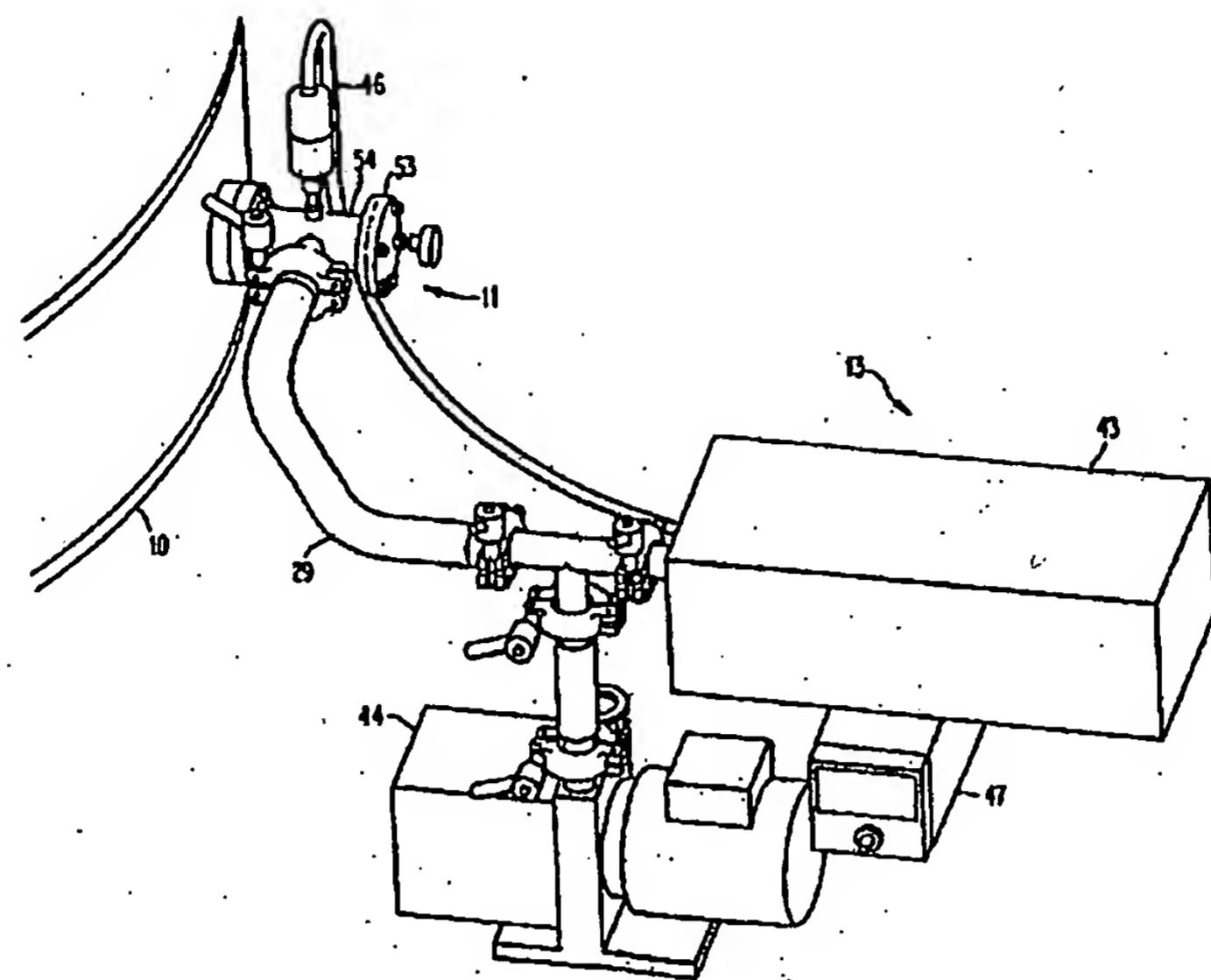
【図9】



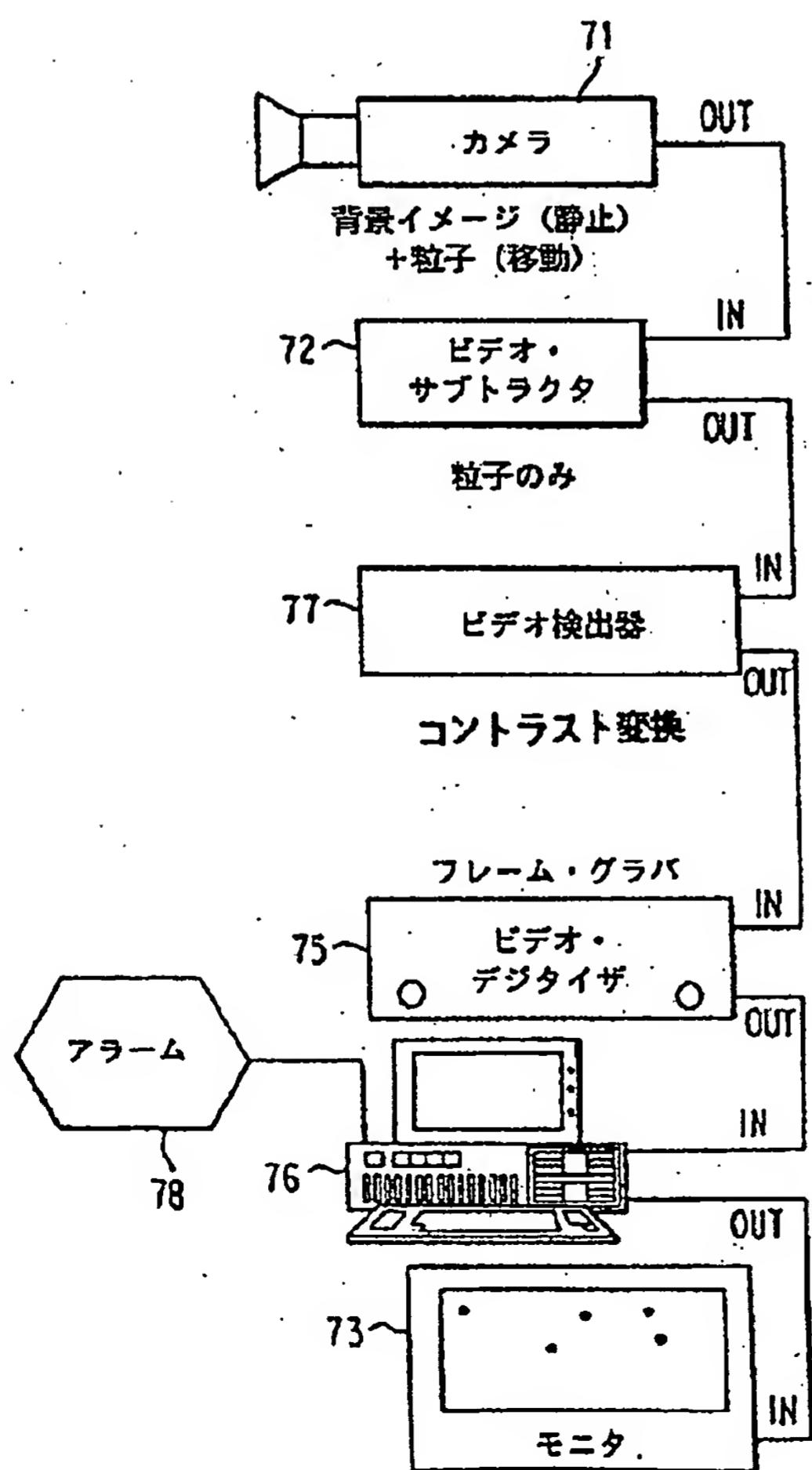
【図4】



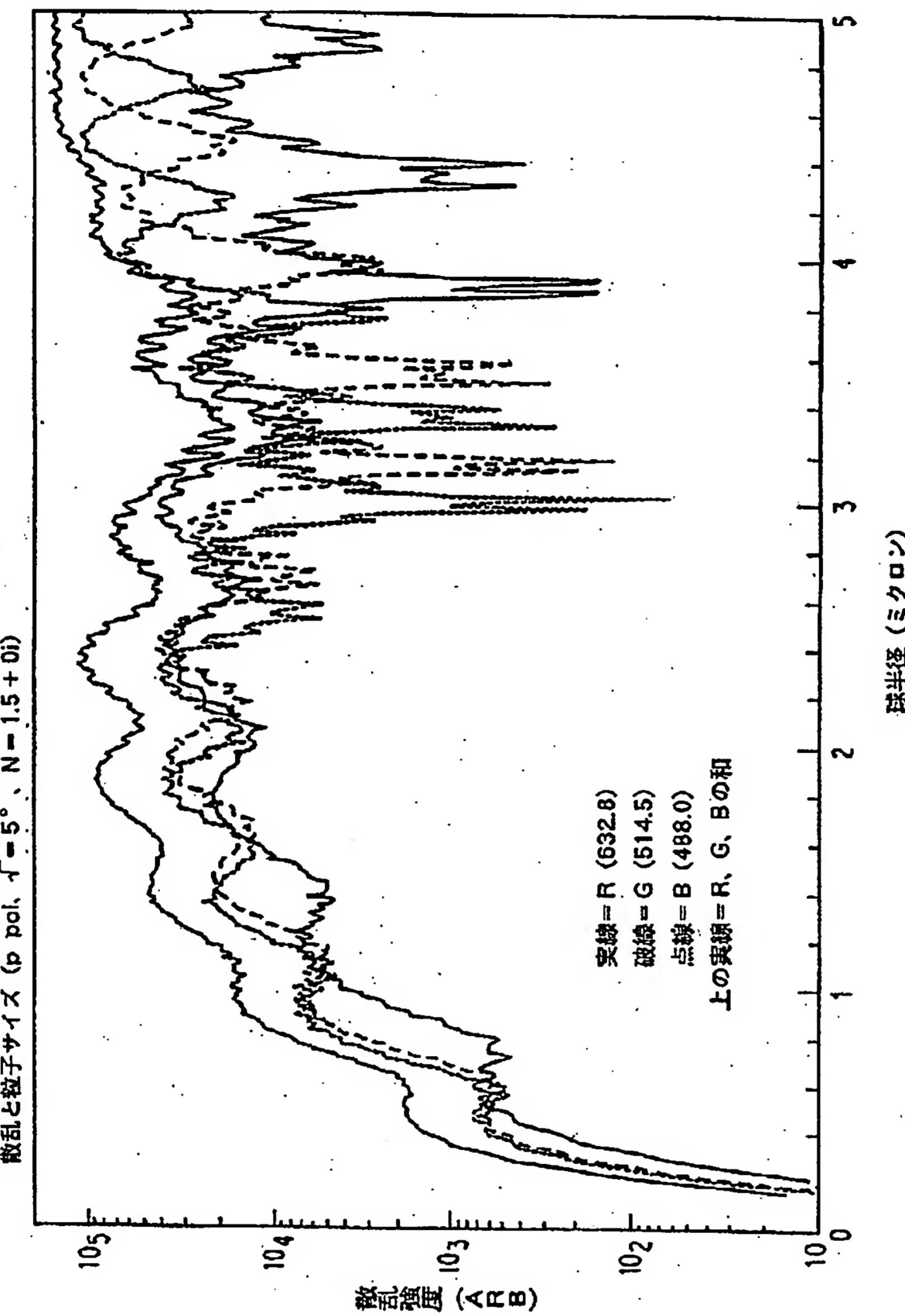
【図5】



【図10】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 カート・リンゼイ・ハーラー  
アメリカ合衆国05446、バーモント州コル  
チェスター、キャニオン・エステート・ド  
ライブ 14

(72)発明者 エドワード・フランク・パターソン  
アメリカ合衆国12533、ニューヨーク州ホ  
ープウェル・ジャンクション、ピークマ  
ン・ロード 87

(72)発明者 ゲリー・スチュワート・セルウィン  
アメリカ合衆国12533、ニューヨーク州ホ  
ープウェル・ジャンクション、パインブル  
ック・ループ 14